SETSCI conference proceedings
SETSCI Conference Proceedings
9, 61-72, 2019

4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences

November 22-24, 2019, Samsun, Turkey

https://doi.org/10.36287/setsci.4.6.023
2687-5527/ © 2019 The Authors. Published by SETSCI

ISAS WINTER - 2019

Jeneratör Üreten Bir Firmada Kabin Kaynak Hattının Simülasyon ile İyileştirme Çalışması

Seher Arslankaya[1*+], Elif Duran[2]

[1,2] Sakarya Universitesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya, Türkiye
Corresponding author: aseher@sakarya.edu.tr
+Speaker: aseher@sakarya.edu.tr
Presentation/Paper Type: Oral / Full paper

Özet- Seri üretimin bir parçası da hat dengelemedir. Bir üretim hattında, her iş istasyonuna eşit miktarda iş dağılımı yapabilmek için hat dengeleme metodları kullanılır. İş istasyonlarına eşit iş dağılımı yapılmadığında bazı istasyonlarda boş süre kalacak bazı istasyonlarda ise çalışma süresi yeterli gelmeyecektir. Hat dengeleme ile mevcut iş gücünün etkin kullanılmasıyla üretim kapasitesinin arttırılması, üretimin standartlaştırılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması sağlanacaktır. Hat dengeleme metodlarından biri de simülasyon uygulamasıdır. Simülasyon, sistemin mevcut durumunu tanımlar ve analiz eder. Mevcut durum için yapılabilecek iyileştirmelerin sonucunda sistemin nasıl bir davranış göstereceğini inceler. Karmaşık, büyük boyutlu imalat sistemlerinin incelenmesinde ve analizlerinde çoğunlukla simülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada da jeneratör üreten bir firmanın kabin kaynak hattı iyileştirme çalışması yapılmıştır. Mevcut durum Promodel ile modellenmiş ve çıktılar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda üretim hattının daha verimli kullanılabilmesi için öneriler getirilmiştir. Bu öneriler değerlendirilerek üretim sistemi tekrar kurulmuş ve çıktılar bir önceki sistemin çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Önerilerin iyileştirme oranları incelenmiş ve üretim sistemindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan bu uygulama ile üretimdeki tezgah sayılarının azaltılması ve robot alımı ile iyileştirme sağlanmıştır.
Anahtar Kelimeler – *Hat dengeleme, seri üretim, simülasyon, süreç iyileştirme*

1. Giriş

Müşteri taleplerinin karşılanması ve müşteri memnuniyetinin sağlanması için işletmeler kendilerini sürekli iyileştirme gereği duymuşlardır. Bu iyileştirmeler önceleri sadece kalite olarak göz önüne çıksada günümüzde üretim süreci, üretimde esneklik, üretim hızı gibi ürünün üretim aşamaları olarak ön plana çıkmıştır. Bunun sebebi müşterinin sadece kalite aramaması ve maliyete, teslimat süresine, üründe uygulanabilen esnekliğe bakmaya başlamasından kaynaklanmaktadır.

İşletmeler müşterilerin talepleri arttıkça daha fazla kar elde edebilmek için üretim hacimlerini genişletmeye çalışırlar. Üretim hacmini ve verimliliği arttırmak için montaj hatları ele alınır. Montaj hatlarındaki istasyonlar genellikle belirli tezgahlardan oluşmaktadır. Bu tezgahlar talaşlı imalat, kaynak, boya,CNC kesim gibi makineler olabilir. Üretimin artması, üretim hattındaki makinelerin üretim hacimlerinin artmasını ve istasyonların tam kapasite ile çalışıyor olmasını da zorunlu kılar. Üretim hacmi arttığında, makineler tam kapasite ile çalışıyorsa o hatta yeni bir makineye ihtiyaç duyulabilir. Bunun gibi üretimi arttırıcı yaklaşımlar düşünülebilir.

Karşılaşılan problemlerin çözülmesi için pek çok teknik kullanılmakla birlikte, bunlardan birisi de modelleme yaklaşımıdır. Esasen modelleme yaklaşımı çok eskiden beri kullanılan bir tekniktir. Modelleme yaklaşımı fiziksel modelleme ve matematiksel modelleme olarak iki ana grupta değerlendirilebilir. Matematiksel modelleme tekniğinin teknolojinin gelişmesi ile birlikte görsel olarak bilgisayar ortamına aktarılmasına Simülasyon denilmektedir. Gerçek hayattaki problemlerin karmaşıklığı, fiziksel modellemenin pek çok durumda uygulanmasının zor veya imkansız olması, bir problemin çözümü için parametreler üzerinde değişikliklerin çabuk ve nispeten daha kolay olması gibi avantajlardan dolayı Simülasyon tekniği gittikçe daha fazla kullanılmaktadır.

Simülasyon ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Tahar ve Hussein (2000), limanlardaki lojistik süreçlerin geliştirilmesi ve incelenmesine yönelik bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Winberg ve Berg (2007), asit-baz titrasyonunu konu alan bilgisayar simülasyonunun etkisini araştırmışlardır. İlk önce, öğrencilerin içerik bilgisi üzerine simülasyonun etkisi ölçülmüştür. Sonra, bir kimya laboratuvar çalışması süresince simülasyonu izleyen ve izlemeyen öğrenci grupları arasındaki bilişsel odaklanma farklılıkları saptanmıştır.

Kia ve diğerleri (2002), limanların elleçleme teknikleri ve bu tekniklerin terminal kapasitesi

üzerine etkilerinin ölçülmesiyle ilgili olarak bir konteyner terminali performansının değerlendirilmesi ve bilgisayar simülasyonlarının rolü üzerine incelemelerde bulunmuştur. Zoralioğlu (2011), yaptığı çalışmada bir imalat fabrikasındaki performans iyileştirmesi uygulamasını simülasyon paket programlarından ProModel ile gerçekleştirmiştir. Bilget (2015), yaptığı çalışmada konfeksiyonda yalın üretim sistemlerinin incelenmesi uygulamasını SIMUL 8 Simülasyon programını aracı olarak kullanarak gerçekleştirmiştir. Yiğit (2015), parti tipi üretim yapan bir imalat sisteminin analizini simülasyon uygulamalarından ProModel ile gerçekleştirmiştir. Akın (2015), Kanepe montaj hattının dengelenmesi uygulanmasında simülasyon paket programlarından Arena 4.0 ve modelleme için Arena 9.0 kullanarak gerçekleştirmiştir.

Karmaşık, büyük boyutlu imalat sistemlerinin incelenmesinde ve analizlerinde çoğunlukla simülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada da jeneratör üreten bir firmanın kabin kaynak hattı iyileştirme çalışması yapılmıştır. Mevcut üretim sistemi Promodel aracılığıyla modellenmiş ve program çıktıları değerlendirilmiştir.

2.Yöntem

Jeneratör üretimi yapan bir firmada süreç iyileştirmesi çalışmasında simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Simülasyon, bir model ile denemedir. Modelin davranışı, incelenen sistemin davranışının bazı belirgin yönlerini taklit etmekte ve kullanıcı bu davranışı ortaya çıkarmak için modelle deney yapmaktadır. Bu genel çerçeve öğrenme, problem çözme ve tasarıma güçlü bir katkı sağlamıştır.

2.1. Simülasyon

Simülasyon, modeli kuran ve girdileri oluşturan kişinin sunduğu durum ve koşullara göre kullanıcıya en optimum sonucu verir. Bu sonuç için en doğru sonuç denilemesede şartlar içerisindeki en uygun sonuç olduğu söylenebilir. Kullanıcının ürettiği çözümü analiz etmesini sağlar. Böylece kullanıcı zaman ve maliyet tasarrufu sağlayarak oluşabilecek hataları baştan farketmiş olacak ve yeni çözümler üretmeye fırsat bulacaktır.

Bir sistemin işleyişini incelemek ve farklı alternatifleri değerlendirmek için simülasyon modelleri kurulmakta ve sistem optimize edilmeye çalışılmaktadır. Simülasyon için evrensel bir tanım yoktur. Bununla birlikte, tüm tanımlar aynı genel kavramı izler: simülasyon bir sistemin taklididir [Banks vd., 1996; Robinson, 2003; Ingalls, 2003; Goldsman, 2007].

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlemek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır [Halaç, 1998]. Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama sürecidir ve sistemin işlemesi için, sistemin davranışlarını anlamak ya da değişiklik stratejilerini değerlendirmek amacıyla bu model üzerinde denemeler yapmayı sağlar [Yeroğlu, 2001]. Bir üretim sisteminin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Oluşturulan bu model ile üretim sisteminde yapılması istenen ancak maliyetli ya da mümkün olmayan iyileştirmelerin, projelerin yapılmasına olanak sağlanır. Simülasyon, gerçek sistemin modelinin tasarımlanması ve bu model ile sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek (ölçütler kümesinin verdiği sınırlar içinde) için deneyler yürütülmesi sürecidir [Erkut, 1992]. Simülasyon ile ilgili daha detaylı bilgi için bkz (Wirk ve Getman, 2019; Ross, 2019; Tolk, 2012, Banks, 1998).

2.2. Simülasyon dilleri

Bilgisayar simülasyonu gerçek sistemlerin yazılımlar yardımıyla modellenmesi ile sistemin operasyon karakterini tanımlamaya ve sistemin performansını ölçmeye yarayan bir araçtır (Kelton vd., 2003). Simülasyon dilleri ve kullanımları simülasyon yapılacak konuya göre değişkenlik göstermektedir. Mesela üretim sektöründe kullanılan en önemli programlar, ProModel ve Arenadır. Bunların yanında genel amaçlı kullanım dilleri de simülasyon modellemede yer alabilmektedir.

2.3. ProModel paket programı

ProModel, her tür ve büyüklükteki üretim sistemlerini simüle etmek ve analiz etmek için güçlü, Windows tabanlı bir simülasyon aracıdır. ProModel, neredeyse her durumu modellemek için kullanım kolaylığı ile tam esneklik ve gücün mükemmel bir kombinasyonunu sunar ve gerçekçi animasyon özellikleri simülasyonu hayata geçirir. ProModel'i aşağıdaki problemlerin çözümünde kullanılabilir:

- Montaj hatları
- Atölye çizelgeleme
- Transfer hatları
- JIT ve KANBAN sistemleri
- Esnek Üretim sistemleri
- Tedarik zinciri lojistiği

ProModel'in modelleme yapısı kullanışlıdır ve grafik kullnıcı ara yüzüyle modeller daha kolay ve hızlı oluşturulabilmektedir. Otomatik hata ve tutarlılık kontrolü, her modelin simülasyondan önce tamamlanmasını sağlamaya yardımcı olur. Simülasyon sırasında, sistemin animasyonlu bir gösterimi ekranda belirir. Simülasyondan sonra, kaynak kullanımı, verimlilik ve envanter seviyeleri gibi performans ölçümleri tablo halinde gösterilmekte ve değerlendirme için

puanlandırılabilmektedir. Üretim sisteminde bulunan çalışanlara yeni fikirlerini uygulamadan önce deneme imkanı sunmaktadır ve zamanın, kaynakların olumlu sonuç vermeyecek projelerde gereksiz yere kullanılmasını engellemektedir.

3. Jeneratör Üreten Bir Firmada kaynak SMED İle Süreç İyileştirme Çalışması

Jeneratör üretimi yapan bir firmanın üretim sürecinde jeneratörün kabinleri CNC kesim ve CNC büküm tezgahlarında işlem gördükten sonra kaynakhaneye gelerek kaynaklanırlar ve toz boya hücresine geçerler.Bu süreçte Kabin Kaynak hücresinde yeterli sayıda kabin kaynaklanamamaktadır. Bu nedenle istenilen sayıda kabin çıkarılamamakta ve müşteri siparişleri zaman zaman gecikmeye uğramaktadır. Hücrede ise üretim hedeflerini gerçekleştirmek için personel sayısı yetersiz kalmaktadır.

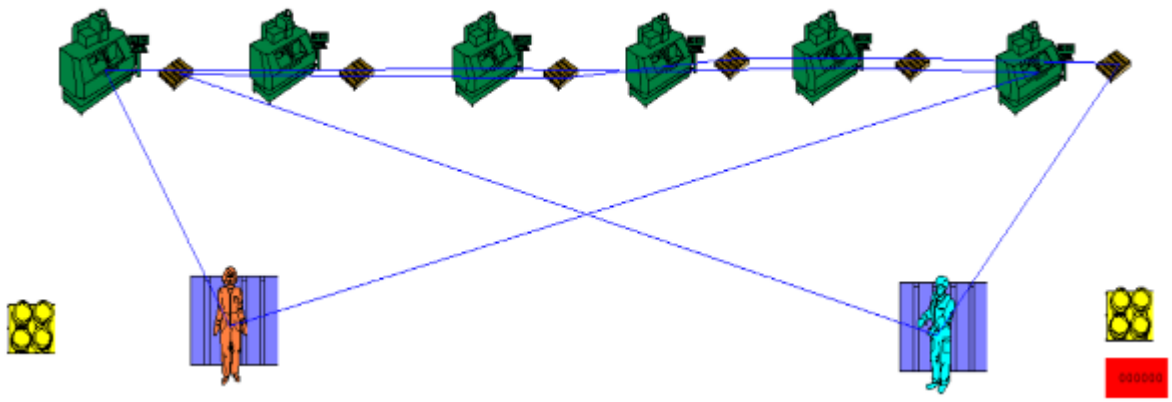
Manuel kaynak ile insana bağlı kalınması ve farklı personellerin farklı kalitelerde ve farklı sürelerde iş yapmasından dolayı işin kalitesi ve işçilik süresi değişiklik göstermektedir. Kaynak işlemi yapılırken zararlı kaynak ışınlarından operatörlerin etkilenmesi ve iş güvenliği risklerine sebep olması hücredeki problemlerin en önemlilerini oluşturmaktadır. Kaynakhane hücrelerinde kullanılan elektrik ve gaz kullanımı çok fazladır ve hücre yeterli sayıda üretimi sağlayamadığı için firmayı zarara sokmaktadır.

Yeterli sayıda kabin kaynak işleminin yapılabilmesi için daha fazla profesyonel kaynakçıya ihtiyaç vardır. Firmanın ana problemi üretim kapasitesinin yetersizliğidir. Yeterli sayıda üretim sağlanamadığı için hattın stok miktarları düşüktür ve hat kontrol altında değildir. Kendisinden önceki ve sonraki hatlardaki standartlaşmayı bozan kabin kaynak hücresinin problemi bu uygulamada ele alınmıştır. Bir jeneratör firmasının kabin kaynak hattı dengeleme probleminin çözülebilmesi için simülasyon yönteminden faydalanılmış ve ProModel 7.5 programı kullanılarak model kurulmuştur.

3.1. Kabin kaynak hücresi mevcut durum analizi

Çalışmada ilk olarak mevcut sistemin incelenmiştir. Bu jeneratör firmasının kabin kaynak hattının mevcut durumunda şu tezgahlar bulunmaktadır. Kabin kaynak hücresinde 6 adet istasyon bulunmaktadır. Bu 6 istasyonun hepsi aynı donanıma sahiptir ve Her istasyonda aynı işlem uygulanmaktadır. Kabin kaynak hücresinin 2018 bütçesine göre 15 adet çalışanı bulunmaktadır. Bu 15 çalışan kaynakçı olmak suretiyle 1. vardiya 6 kişi, 2. vardiya 6 kişi, 3. vardiya 3 kişi bulunmaktadır. Vardiyalarda lojistik, kaynak ve ambalajlama işleminin hepsini kaynakçılar yapacak şekilde kurgulanmıştır. Bu durumda bazı olumsuzluklar yaşanmaktadır.

Kaynakçı personel malzeme taşıma lojistik işlemleri için sürekli tezgâhından ayrılmaktadır. Tezgahında çalıştığı zaman; kaynak, zımpara, saplama, taşlama işlemleri için sürekli ekipman ve maske değiştirmektedir. Bu durumlar zaman ve motivasyon kayıplarına neden olmaktadır. Simülasyon programı ile yapılan mevcut durum hücre yerleşimi Şekil 1'de görüldüğü gibidir:



Şekil 1 Mevcut durum hücre yerleşimi

2018 bütçe adetlerine göre 8150 adet jeneratör üretim hedefinin 6709 adedini kabinli modeller oluşturmaktadır. 6709 adet kabin üretimini gerçekleştirmek için yapılan çalışmanın özeti aşağıdaki gibidir.

Kabin kaynak zaman etüdü çalışmalarından elde edilen verilere göre; standart zaman tablolarındaki veriler baz alınıp kabin modellerine dağıtıldığında mevcut durumda 7482 adet kabin üretimi gerçekleştirilebildiği görülmektedir. Fakat gerçekte norm kadro ile yıl bazında üretilebilecek kabin üretim adedi 284 GÜN*20 ADET= 5680 adet olarak gerçekleşmektedir. Standart zaman tablosundaki sonuç ile gerçek durumdaki sonuç arasındaki farklılıkların sebepleri:

- Standart zaman tablosunda geçmeyen kabin malzemesi dışındaki malzemelerin bu hücrede kaynatılması,
- Ön iç dikmeler,

- Seperatörler,
- Konteyner kapıları,
- Konteyner yaprakları,
- Geçme kapılar,
- İlave camlı kapılar,
- Özel kabin parçaları (örn: priz çıkışlı),
- Yedek parça olarak talep edilen kabin malzemeleri,
- Tamir/ Revizyon işlemi gören kabin malzemelerinin üretim planına dahil edilmemesi,
- Kabin kaynak zaman etüdü çalışmalarındaki eksiklikler (bazı verilerin fiziki üretim ile uyuşmaması).

Mevcut durum ProModel 7.5 simülasyon programına göre uygulama veri girdileri ve yazımı tablo 1, tablo 2, tablo 3, tablo 4, tablo 5, tablo 6'da gösterilmiştir. Tablo 1'de işletmenin mevcut durumda tezgahların isimleri, işleme kuralları, modeldeki yerleri ve tezgah görselleri görülmektedir.

Tablo 1. Mevcut durum modeldeki yerler ve gösterimleri (Locations)

Icon	Name	Cap.	Units	DTs…	Stats	Rules…	Notes…
	istasyon1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istanyon2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istasyon3	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istasyon4	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istasyon5	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istasyon6	1	1	None	Time Series	Oldest	
	bekleme_alani	1	1	None	Time Series	Oldest	
	yarimamul_alani	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet3	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet4	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet5	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet6	1	1	None	Time Series	Oldest	
	kaynaksiz_giris	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Kaynakli_cikis	1	1	None	Time Series	Oldest	

Tablo 2.'de işletmenin mevcut durumda işlenen parça isimleri ve görselleri görülmektedir.

Tablo 2 Mevcut durum modeldeki girdiler ve gösterimleri (Entities)

Icon	Name	Speed (fpm)	Stats	Notes…
	kaynaksiz	150	Time Series	
	kaynakli	150	Time Series	

İşletmenin mevcut durum için kurulan simülasyon modelinde parçaların izlediği yollar tablo 3'deki gibidir.

Tablo 3 Mevcut durum modeldeki yollar ve gösterimleri(Path Networks)

Graphic…	Name	Type	T/S	Paths…	Interfaces…	Mapping…	Nodes
	yol1	Passing	Speed & Distance	7	7	14	7
	yol2	Passing	Speed & Distance	7	7	14	7

Jeneratör üreten işletme için kurulan mevcut durum modelinde kullanılan işçiler ve yolları tablo 4'de gösterimektedir. Tablo 5'da ise mevcut durumda simüasyon programında sisteme ik gelecek parçaların varış tanımlaması yapılmıştır.Tablo 6'de ise mevcut durumdaki modeldeki işlemler ve süreleri verilmiştir.

Tablo 4 Mevcut durum modeldeki operatörler gösterimleri (Resources)

Icon	Name	Units	DTs…	Stats	Specs…	Search…	Logic…	Pts…	Notes…
	elif_usta	2	None	By Unit	yol1, N1, Rten Home	None	0	1	
	sefa_usta	2	None	By Unit	yol2, N1, Rten Home	None	0	1	

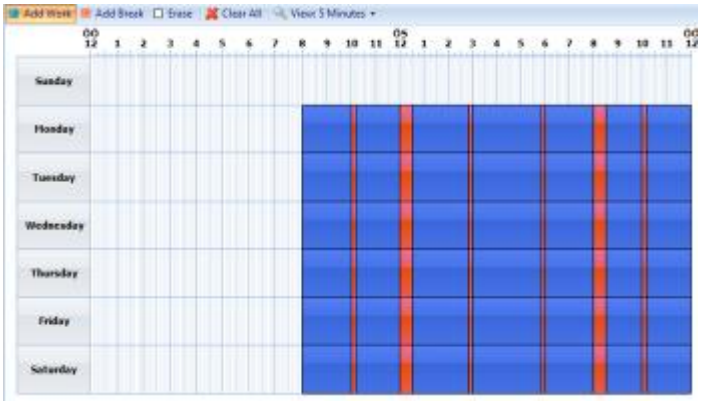
Tablo 5. Mevcut durum varış tanımlaması(Arrivals)

Entity	Location	Qty Each	First time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
kaynaksiz	kaynaksiz_giris	1	0	inf	5		No

Tablo 6. Mevcut durum modeldeki işlem adımları ve süreleri (Processing)

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move logic
kaynaksiz	kaynaksiz_giris	wait 10	kaynaksiz	bekleme_alani	FIRST 1	move for 10
kaynaksiz	bekleme_alani	wait 5	kaynaksiz	istasyon1	FIRST 1	move with elif_usta then free
			kaynaksiz	istasyon2	FIRST	
			kaynaksiz	istasyon3	FIRST	
			kaynaksiz	istasyon4	FIRST	
			kaynaksiz	istasyon5	FIRST	
			kaynaksiz	istasyon6	FIRST	
kaynaksiz	istasyon1	wait 25	kaynakli	Palet1	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet1	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynaksiz	istasyon2	wait 25	kaynakli	Palet2	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet2	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynaksiz	istasyon3	wait 25	kaynakli	Palet3	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet3	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynaksiz	istasyon4	wait 25	kaynakli	Palet4	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet4	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynaksiz	istasyon5	wait 25	kaynakli	Palet5	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet5	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynaksiz	istasyon6	wait 25	kaynakli	Palet6	FIRST 1	move for 5
kaynakli	Palet6	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa_usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	

Bu çalışmada işletmede üç variya çalışılmaktadır. Mesai sabah 8'de başlamaktadır. Şekil 2'de bir haftalıksüre için öğle arası, çay molaları da dahil olarak görülmektedir.



Şekil 2. Mevcut durum vardiya çalışma saatleri ve molaları (Shifts Define)

Şekil 2'de görülen vardiya tanımlamaları tablo 7'de görüldüğü gibi ProModel'a aktarılmıştır. Promodel'da sayaç atamaları ise tablo 8'de görülgüğü gibi atanmıştır.

Tablo 7. Mevcut durum operatörlere vardiya ataması (Shifts Assign)

Locations…	Resources…	Shift Files...	Priorities...	Logic…	Disable
bekleme_alani,istasyon1bekleme_alani, istasyon1, istasyon2, istasyon3, istasyon4, istasyon5, istasyon6, kaynakli_cikis, kaynaksiz_giris, Palet1, Palet2, Palet3, Palet4, Palet5, Palet6, yarimamul_alani	elif_usta, sefa_usta	C:\f.sft	99, 99, 99		No

Tablo 8. Mevcut durum sayaç ataması (Veriables)

Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes
Yes	sayac1	Integer	0	Time Series, Time	

Mevcut durumdaki istatistik verileri tezgah verimlilikleri şekil 3'de, operatör çalışma süreleri ve durumlarının şekil 4'de, girdilerin ortalama değerleri şekil 5'de ve sayaçlardaki rakamlar da şekil 6 da gösterilmiştir.

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

finish.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
istasyon1	8459,36	1,00	1250,00	395,40	0,97	1,00	1,00	97,36
istasyon2	8363,79	1,00	1250,00	395,64	0,99	1,00	1,00	98,55
istasyon3	8356,49	1,00	1249,00	388,25	0,97	1,00	1,00	96,72
istasyon4	4753,79	1,00	1248,00	217,59	0,95	1,00	0,00	95,21
istasyon5	8364,09	1,00	1248,00	388,77	0,97	1,00	1,00	96,68
istasyon6	8363,70	1,00	1248,00	390,54	0,97	1,00	1,00	97,13
bekleme alani	8208,00	1,00	7494,00	55,71	0,85	1,00	1,00	84,77
yarimamul alani	8208,00	1,00	7483,00	45,33	0,69	1,00	1,00	68,87
Palet1	4781,58	1,00	1249,00	224,65	0,98	1,00	0,00	97,80
Palet2	8363,83	1,00	1249,00	396,72	0,99	1,00	1,00	98,74
Palet3	8333,01	1,00	1248,00	395,54	0,99	1,00	1,00	98,73
Palet4	8312,21	1,00	1248,00	394,50	0,99	1,00	1,00	98,72
Palet5	8356,36	1,00	1247,00	396,89	0,99	1,00	1,00	98,71
Palet6	8364,06	1,00	1247,00	397,26	0,99	1,00	1,00	98,71
kaynaksiz giris	8241,16	1,00	7495,00	64,15	0,97	1,00	1,00	97,24
kaynakli cikis	4581,23	1,00	7482,00	15,00	0,41	1,00	0,00	40,83

Şekil 3 çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

finish.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
elif usta.1	1,00	4472,00	3745,00	8,80	0,00	3,71	0,00	12,28
elif usta.2	1,00	4472,15	3748,00	8,79	0,00	3,70	0,00	12,28
elif usta	2,00	8944,15	7493,00	8,80	0,00	3,70	0,00	12,28
sefa usta.1	1,00	4472,15	3741,00	11,38	9,10	0,00	0,00	28,55
sefa usta.2	1,00	4575,35	3742,00	11,38	9,10	0,00	0,00	27,91
sefa usta	2,00	9047,50	7483,00	11,38	9,10	0,00	0,00	28,23

Şekil 4 Mevcut durum operatör çalışma süreleri ve durumlarının çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

finish.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
kaynaksiz	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
kaynakli	7482,00	6,00	953,72	54,27	0,00	75,00	824,44

Şekil 5 Mevcut durum girdilerin çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

finish.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
sayac1	7482,00	69,87	0,00	7482,00	7482,00	3744,74

Şekil 6 Mevcut durum sayaç1 çıktı değerleri

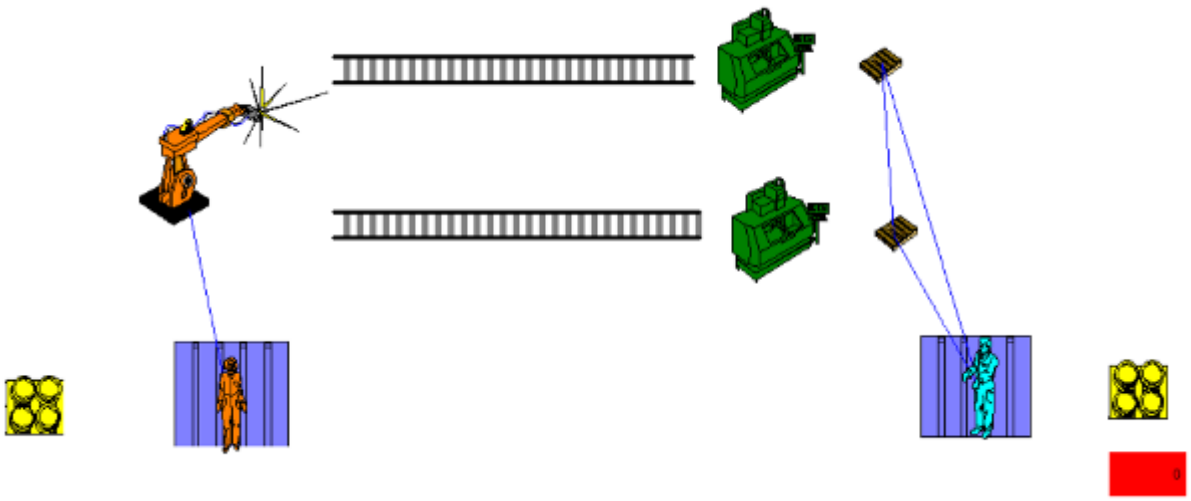
3.2. Geliştirilmesi Gereken Alanların Belirlenmesi

Bir jeneratör firmasında kaynak hattı incelemesi sonucunda; istasyonlardaki kaynak işlemlerinin çok uzun sürdüğü ve kaynaksız kabinlerin bekleme alanında biriktiği, çalışanların hattaki lojistik faaliyetlerini de sürdürdüğü için daha yavaş çalıştığı, çalışanların sabah saatlerindeki kaynak hızları ile öğleden sonraki hızlarının farklı olmasından dolayı çıkan kabinli kaynak sürelerinin ve kalitesinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. Hatta bulunan yoğun toz, koku ve kullanılan gaz, elektrik çıkan ürün sayısına göre çok fazladır. Kaynak işleminin kısalması ve çalışanların uzman oldukları işi yapmaları konusunda hattın geliştirilmesi için hatta kaynak robotu alınırsa ürün çıktılarının nasıl değişeceği simülasyon yöntemi ile bulunmalıdır.

Jeneratör firmasında kabin kaynak hattı mevcut durum iyileştirme çalışması için robot alımının hattın ürün çıktısını nasıl değiştireceği işletme yöneticileri tarafından merak edilmektedir. Bu istek doğrultusunda robot alındıktan sonraki hat simülasyon programı ile moellenmiş ve ürün çıktı sayısı bulunmuştur. Simülasyon programı olarak ProModel 7.5 kullanılmıştır.

Bu jenertör firmasında kabin kaynak hattına kaynak robotu alınırsa; bir vardiyada 1 robot operatörü, 2 köşebent ve saplama kaynak operatörü, 2 zımpara ve taşlama operatörü ve 2 ortacı üretim hedefine ulaşabiliyor. Simülasyon sonucuna, süre ölçümlerine ve tecrübesel öngörülere göre en ideal kurgu aşağıdaki simülasyon yerleşimindeki gibidir. Malzeme çeşitliliği ve operasyon çeşitliliği fazla olduğu için kusursuz bir hat elde edilememektedir fakat mevcut duruma göre daha verimli ve daha kaliteli ürün çıkaran bir üretim hattı oluşturulmuştur.

Simülasyon programı ile yapılan mevcut durum hücre yerleşimi Şekil 1'de görüldüğü gibidir. Simülasyon çalışması ile önerilen durum şekil 7 deki gibidir.



Şekil 7. İyileştirilmiş durum hücre yerleşimi

Geliştirilen simülasyon modeli aşağıdaki gibi gösterilebilir. Tablo 9. da geliştirilen durumun

modelddeki yerleri ve gösterimleri görülmektedir. İyileştirilmiş durum modeldeki girdiler ve gösterimleri tablo 10'da österildiği gibidir.

Tablo 9 İyileştirilmiş durum modeldeki yerler ve gösterimleri (Locations)

Icon	Name	Cap.	Units	DTs…	Stats	Rules…	Notes…
	kaynaksiz_giris	1	1	None	Time Series	Oldest	
	bekleme_alani	1	1	None	Time Series	Oldest	
	yarimamul_alani	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Kaynakli_cikis	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Robot	1	1	None	Time Series	Oldest	
	konveyör1	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	konveyör2	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	istasyon1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	istanyon2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Palet2	1	1	None	Time Series	Oldest	

Tablo 10 İyileştirilmiş durum modeldeki girdiler ve gösterimleri(Entities)

Icon	Name	Speed (fpm)	Stats	Notes…
	kaynaksiz	150	Time Series	
	kaynakli	150	Time Series	

Geliştirilen modeldeki yollar ve gösterimleri tablo 11'de; operatörlerin gösterimleritablo 12'de; işlem adımları ve süreleri tablo 13'deki gibidir.

Tablo 11. İyileştirilmiş durum modeldeki yollar ve gösterimleri (Path Networks)

Graphic…	Name	Type	T/S	Paths…	Interfaces…	Mapping…	Nodes
	yol1	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2
	yol2	Passing	Speed & Distance	3	3	6	3

Tablo 12. İyileştirilmiş durum modeldeki operatörler gösterimleri (Resources)

Icon	Name	Units	DTs…	Stats	Specs…	Search…	Logic…	Pts…	Notes…
	elif_usta	2	None	By Unit	yol1, N1, Rten Home	None	0	1	
	sefa_usta	2	None	By Unit	yol2, N1, Rten Home	None	0	1	

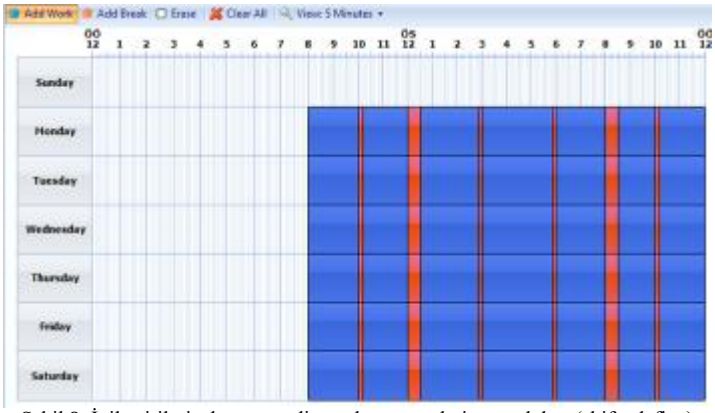
Tablo 13. İyileştirilmiş durum modeldeki işlem adımları ve süreleri (Processing)

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move logic
kaynaksiz	kaynaksiz_giris	wait 10	kaynaksiz	bekleme_alani	FIRST 1	move for 10
kaynaksiz	bekleme_alani	wait 5	kaynaksiz	Robot	FIRST 1	move with elif_usta then free
kaynaksiz	Robot	wait 9	kaynakli	konveyör1	FIRST 1	move for 5
			kaynakli	konveyör2	FIRST	move for 5
kaynakli	konveyör1	wait 3	kaynakli	istasyon1	FIRST 1	move for 1
kaynakli	istasyon1	wait 2	kaynakli	Palet1	FIRST 1	move for 2
kaynakli	Palet1	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	
kaynakli	konveyör2	wait 3	kaynakli	istasyon2	FIRST 1	move for 1
kaynakli	istasyon2	wait 2	kaynakli	Palet2	FIRST 1	move for 2
kaynakli	Palet2	wait 5	kaynakli	yarimamul_alani	FIRST 1	move with sefa usta then free
kaynakli	yarimamul_alani	wait 15	kaynakli	kaynakli_cikis	FIRST 1	move for 10
kaynakli	kaynakli_cikis	wait 15 inc sayac1	kaynakli	EXIT	FIRST 1	

Tablo 14'de geliştirilen mdeldeki sisteme varışlar gösterilmektedir.

Tablo 14 İyileştirilmiş durum varış tanımlaması(Arrivals)

Entity	Location	Qty Each	First time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
kaynaksiz	kaynaksiz_giris	1	0	inf	5		No



Şekil 8. İyileştirilmiş durum vardiya çalışma saatleri ve molaları (shifts define)

Tablo 15 İyileştirilmiş durum operatörlere vardiya ataması (Shifts Assign)

Locations…	Resources…	Shift Files...	Priorities...	Logic…	Disable
bekleme_alani,istasyon1bekleme_alani, istasyon1, istasyon2, istasyon3, istasyon4, istasyon5, istasyon6, kaynakli_cikis, kaynaksiz_giris, Palet1, Palet2, Palet3, Palet4, Palet5, Palet6, yarimamul_alani	elif_usta, sefa_usta	C:\f.sft	99, 99, 99		No

İyileştirilmiş durum için istatistik verileri şekil 9, şekil 10, şekil 11 ve şekil 12 de gösterilmiştir:

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

robot.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
kaynaksiz giris	5178,26	1,00	9052,00	33,15	0,97	1,00	0,00	96,58
bekleme alani	5167,39	1,00	9052,00	22,22	0,65	1,00	0,00	64,87
yarimamul alani	6209,00	1,00	9046,00	42,95	0,79	1,00	1,00	78,89
kaynakli cikis	4515,01	1,00	9045,00	15,00	0,50	1,00	0,00	50,08
Robot	7615,17	1,00	9052,00	36,86	0,73	1,00	1,00	73,02
konveyör1	7085,79	999999,00	4926,00	130,68	1,51	6,00	1,00	6,78
konveyör2	4526,05	999999,00	4125,00	54,23	0,82	3,00	0,00	4,69
istasyon1	6239,36	1,00	4925,00	97,87	0,98	1,00	1,00	97,50
istasyon2	7607,17	1,00	4125,00	88,74	0,80	1,00	1,00	80,20
Palet1	6209,00	1,00	4924,00	97,76	0,99	1,00	1,00	97,75
Palet2	6994,43	1,00	4124,00	91,21	0,90	1,00	1,00	89,63

Şekil 9. İyileştirilmiş durum tezgah çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

robot.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
elif usta 1	1,00	4495,75	8975,00	10,17	0,00	4,09	0,00	33,84
elif usta 2	1,00	4472,00	77,00	10,17	0,00	0,17	0,00	0,29
elif usta	2,00	8967,75	9052,00	10,17	0,00	3,43	0,00	17,11
sefa usta 1	1,00	4489,59	9046,00	6,38	5,10	0,00	0,00	38,57
sefa usta 2	1,00	4472,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sefa usta	2,00	8961,59	9046,00	6,38	5,10	0,00	0,00	19,32

Şekil 10. İyileştirilmiş durum operatör çalışma süreleri ve durumlarının çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

robot.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
kaynaksiz	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
kaynakli	9045,00	6,00	477,93	49,65	0,00	101,86	326,42

Şekil 11. İyileştirilmiş durum girdilerin çıktı değerleri

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

robot.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
sayac1	9045,00	57,79	0,00	9045,00	9045,00	4529,20

Şekil 12. Mevcut durum sayaç1 çıktı değerleri

3.3. Mevcut durum ile önerilen durumun analizi

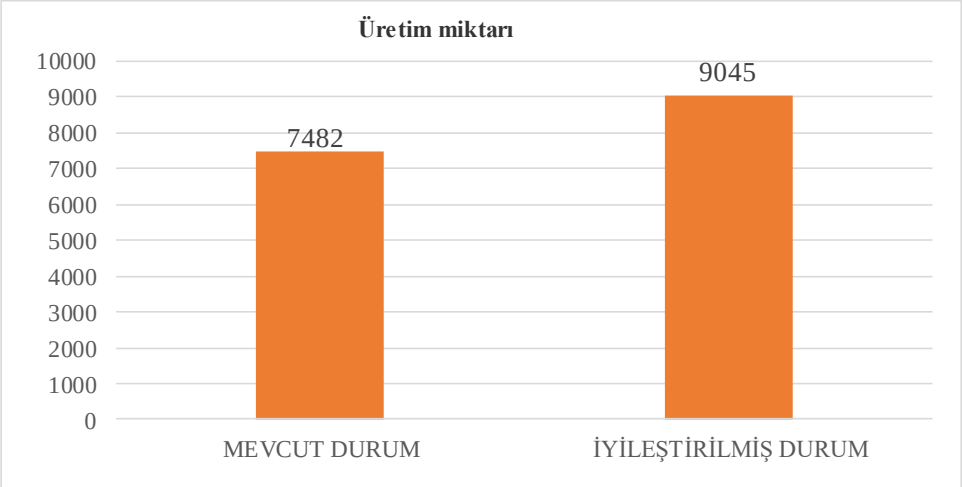
Bir jeneratör fabrikasında kabin kaynak hücresi iyileştirme çalışması yapılmıştır. Eğer robot alımı yapılırsa hat %21 daha fazla kabin kaynatabilecek ve aynı zamanda daha kaliteli kaynaklı kabin çıkarabilecektir. Bu durumda firma istenilen stok miktarını tutabilir ve çalışanlar kaynak dumanından daha az etkilenebilirler. Kabin kaynak hattından önceki CNC tezgahlarında boş beklemeler azalacak daha çok büküm, kesim yapılabilecek ve kabin kaynak hücresine gönderilebilecektir. Aynı zamanda kabin kaynak hücresinden sonraki proses olan toz boya hücresinde de boş beklemeler azalacak ve daha fazla kabin boyanabilecektir.

Bu jeneratör firmasının kabin kaynak hücresinde yapılan iyileştirme ile ekonomik olarak ileriye dönük bir iyileştirme yapılmıştır. Robot fiyatı da göz önünde bulundurularak sistemin kendisini ne kadar sürede amorti edeceği bulunmuştur. Robot ile üretilen ürünü mevcut durumda firmanın üretebilmesi için 9 adet daha personele ihtiyacı vardır. Bu durumda;

Ortalama 1 kabin kaynak çalışanının işverene maliyeti aylık 4226 TL
4226 TL x 12 ay x 9 personel = yıllık personel maliyeti 456.408 TL
Tahmini sistem kurulum maliyeti 570.000 TL (520.000 TL Robot + 50.000 TL Bant sistemi)

Robot en az %67 dolulukla çalıştırıldığında 15 ayda sistem kendini amorti etmektedir. Firma robot alımı ile çalışanlarına daha sağlıklı bir kabin kaynak hücresi sunmaktadır. Aynı zamanda manuel kaynakta ortaya çıkabilecek iş kazaları sayısı robot

ile çalışılan ortama göre daha fazla olacaktır bu durumda iş kazası riski oranı da iyileştirilmiş durumda düşmüş olacaktır. Üretim sayısı artacağı için firmanın stok sayıları çoğalacak ve müşteriye zamanında teslim kolaylaşacaktır.



Şekil 13. Mevcut durum-iyileştirilmiş durum üretim miktarları

4. Sonuç

Bir Jeneratör firmasında yapılan kabin kaynak hücresi iyileştirme çalışması ile yeterince kaynaklı kabin çıkaramayan hücrenin üretim kapasitesini arttırmak için, robot alım projesinin Simülasyon uygulamaları yapılmıştır. Bu uygulamanın yapılabilmesi için kullanılan veriler mevcut durum için firmanın sahip olduğu standart zaman metod formlarından temin edilmiştir. İyileştirilmiş durum için kullanılan veriler robot alımı için araştırılan firmalarda test denemeleri ile belirlenen sürelerden alınmıştır. Firmanın ideal bulduğu ve alınması doğrultusunda iyileştirme ve maliyet uygunluğunu onayladığı robotun örnek test süreleri ile iyileştirilmiş durum simülasyon çalışması yapılmıştır.

Kabin kaynak hücresi dengeleme probleminin çözülebilmesi için simülasyon modeli kurulurken ProModel 7.5 programı aracı olarak kullanılmıştır. Programda mevcut durum ve robot alımından sonraki iyileştirilmiş durum program yardımıyla gösterilmiştir.

Değerlendirme sırasında simülasyon programı içinde varolan sisteme iş merkezleri, stok alanları ve iş gücünün etkin kullanımı kapsamında çeşitli öneriler getirilmiştir. Önerilen iyileştirmeler ile üretim sistemi modellenmiş ve modelin çıktıları önceki sistemin çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda önerilen sistemin iyileştirme oranları incelenmiş ve üretim sistemine etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile üretimdeki tezgah sayılarının azaltılması ve robot alımıyla belirgin iyileştirme sağlanmıştır.

İyileştirilmiş durumda hat %21 daha fazla kaynaklı kabin verebilecektir. Bu durumda firma daha fazla ürün çıkarabilecek ve stok miktarlarını artırabilecektir. Stok miktarı artan firma müşteri siparişlerini zamanında teslim edebilecektir. İyileştirilmiş durumda çalışma ortamının daha düzenli ve temiz olması çalışanların daha temiz bir ortamda çalışmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda çalışanların kendi usta oldukları konuda çalışıyor olması çıkan ürünlerin kalitesini de arttıracaktır. Teksan Jeneratör firması istenen çıktılara ulaşabilmek için simülasyon programı yardımıyla iyileştirilmiş urum değerlerini göz önünde bulundurarak projeyi düşük maliyetle gerçekleştirebilmeyi başarmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Tahar, R. M. ve Hussain, K., (2000) Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations. Logistic Information Management, 13 (1) 2000: 14- 20

[2] Winberg, T. M., & Berg, C. A. R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. Journal of Research in Science Teaching, 44(8), 1108-1133.

[3] Kia, M., Shayan, E., and Ghotb, F., (2002) Investigation of Port Capacity under a New Approach by Computer Simulation. Computers and Industrial Engineering. 42 (4) : 533-540

[4] Zoralioğlu Mustafa Kemal, Bir İmalat Fabrikasında Benzetim İle Performans İyileştirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2011

[5] Bilget Selin, Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 2015

[6] Yiğit A.M, Parti Tipi Üretim Yapan Bir İmalat Sisteminin Simülasyon Yöntemi İle Analizi, Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi, 2015

[7] Akın N.G, Kanepe Montaj Hattının Dengelenmesi Ve Benzetim Yöntemi İle Sınanması, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, 2015

[8] Banks J., Carson J.S., Nelson B.L., Discrete-Event System Simulation, 2nd edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs (1996)
[9] Robinson S., Simulation, The Practice of Model Development and Use. Wiley, Chichester (2003)
[10] Ingalls R.G., Introduction to simulation. In: Simulation Conference, WSC (Winter 2008)
[11] Goldsman D., Introduction to simulation. In: Simulation Conference (Winter 2007)
[12] Halaç O., İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, 3. Baskı, İstanbul, 1998, s.1.
[13] Yeroğlu C., Üretim ve Servis Sistemlerinde Pratik Simülasyon Teknikleri, İstanbul, 2001, s.6
[14] Erkut, H. (1992). Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı (2. Baskı). İstanbul: İrfan Yayımcılık
[15] Virk R., Getman K., The Simulation Hypothesis: An MIT Computer Scientist Shows Why AI, Quantum Physics, and Eastern Mystics All Agree We Are in a Video Game, Bayview Books, ASIN: B07RWQ4GKK, Audiobook, 2019
[16] Ross S. M., Simulation, ISBN-10: 0124158250 ISBN-13: 978-0124158252, Elsevier
[17] Tolk A., Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation, ISBN-10: 145118879X ISBN-13: 978-1451188790, Wiley; 1 edition (March 20, 2012)
[18] Banks, J. (1998). Handbook of Simulation, ISBN O-47 1 - 13403- 1, New York:John Wiley & Sons
[19] Kelton, W.D., Sadowski, R.P. ve Sadowski, D.A. (2003) Simulation with arena. McGrawHill:Boston